



ArcheoSciences

Revue d'archéométrie

33 | 2009

Authentication and analysis of goldwork

La tombe mycénienne de Kazanaki (Volos) et le mythe de la Toison d'or

The Mycenaean tomb of Kazanaki (Volos) and the myth of the Golden Fleece

Vassiliki Adrimi-Sismani, Maria Filomena Guerra and Philippe Walter



Electronic version

URL: <http://journals.openedition.org/archeosciences/2121>

DOI: 10.4000/archeosciences.2121

ISBN: 978-2-7535-1598-7

ISSN: 2104-3728

Publisher

Presses universitaires de Rennes

Printed version

Date of publication: 31 December 2009

ISBN: 978-2-7535-1181-1

ISSN: 1960-1360

Electronic reference

Vassiliki Adrimi-Sismani, Maria Filomena Guerra and Philippe Walter, « La tombe mycénienne de Kazanaki (Volos) et le mythe de la Toison d'or », *ArcheoSciences* [Online], 33 | 2009, Online since 10 December 2012, connection on 03 May 2019. URL : <http://journals.openedition.org/archeosciences/2121> ; DOI : 10.4000/archeosciences.2121

La tombe mycénienne de Kazanaki (Volos) et le mythe de la Toison d'or

The Mycenaean tomb of Kazanaki (Volos) and the myth of the Golden Fleece

Vassiliki ADRIMI-SISMANI*, Maria Filomena GUERRA** et Philippe WALTER**

Résumé : Parmi les sites mycéniens de Thessalie, Dimini, situé près de Volos, pourrait correspondre au fameux centre mycénien d'Iolkos, ville gouvernée par Pélías et qui est à l'origine du mythe de Jason et de la Toison d'or, célèbre peau de bœuf reliée à la récupération d'or des alluvions. Une nouvelle tombe mycénienne à tholos, datée de 1350 av. J.-C., découverte en 2004 à Kazanaki, a livré un nombre très important d'objets en or. L'examen et l'analyse élémentaire de feuilles et disques d'or, colliers et perles de collier au LC2RMF et à Volos avec des équipements portables, nous a permis de faire une première approche des techniques orfèvres de la période mycénienne et de mettre en évidence l'utilisation d'or d'origine alluvionnaire, parfois avec ajout de cuivre, pour la fabrication de l'orfèvrerie.

Abstract: Among the Mycenaean sites in Thessaly, Dimini, situated close to Volos, could correspond to the famous Mycenaean centre of Iolkos, ruled by Peliias, the site that was at the origin of the myth of Jason and the Golden Fleece, the famed ram's skin related to the exploitation of alluvial gold. A new Mycenaean tholos tomb discovered in Kazanaki in 2004, and dated to 1350 BC, brought to light a very important number of gold objects. The examination and analysis of gold foils and discs, necklaces, and necklace beads have been undertaken at the LC2RMF laboratory and at Volos with portable systems. In this contribution, we present a first approach to the Mycenaean goldsmithing techniques and we demonstrate that the goldwork was produced with alluvial gold, sometimes with the addition of copper.

Mots-clés : Mycènes, Toison d'or, analyse, orfèvrerie, Kazanaki.

Keywords: Mycenae, Golden Fleece, analysis, goldwork, Kazanaki.

1. INTRODUCTION

Une tradition mythologique très riche relie la Thessalie à la civilisation mycénienne, à la famille royale d'Iolkos (Adrimi-Sismani, 2007) et au mythe de Jason et des Argonautes, envoyés en Colchide – la région du Caucase en mer Noire – pour chercher la Toison d'or.

Environ 200 sites mycéniens ont pu être identifiés en Thessalie, parmi lesquels Dimini, situé près du port de la

ville moderne de Volos (Adrimi-Sismani, 2004), qui comporte des ateliers d'orfèvrerie, avec des outils en bronze, et d'importants entrepôts (Adrimi-Sismani et Godart, 2005). Ces espaces administratifs, économiques et religieux avec les habitats voisins de Palia/Kastro Volos et Pefkakia et quatre tombes à tholos destinées à l'enterrement de membres de familles royales, semblent correspondre au fameux centre d'Iolkos.

* Archaeological Institut of Thessalian Studies – 74-76 Gambetta Str., 38221 Volos Greece. (aiths@culture.gr)

** Laboratoire du Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, UMR 171 CNRS – 14, quai François-Mitterrand, 75001 Paris, France (maria.guerra@culture.gouv.fr), (philippe.walter@culture.fr)

Pendant les travaux effectués dans les environs nord de la ville moderne de Volos une quatrième tombe à tholos, de la période HR IIIA2 – HR IIIB1 (1350 av. J.-C.), a été mise à jour à Kazanaki, en 2004 (Adrimi-Sismani, 2008). La tombe comporte un long dromos, une entrée et une chambre funéraire circulaire de 6,7 m de diamètre, avec quatre tombes à fosse. Des signes incisés ont été repérés sur le linteau supérieur de la façade monumentale de la tombe. Des ossements de plusieurs corps ont été identifiés (Papanastasiou, 2006). Tous les objets, parmi lesquels un nombre important en or, et les ossements avaient été regroupés dans un seul tas, brûlés in situ et puis remis dans les tombes à fosse, qui ont été ensuite scellées.

Pour approcher la question de l'exploitation de gisements d'or alluvionnaire, associés au mythe des Argonautes et de la Toison d'or, 17 feuilles et disques de la tombe de Kazanaki ont été déplacés au C2RMF pour être analysés à l'accélérateur AGLAE. D'autres éléments en or ont été étudiés in situ avec des équipements portables, pour faire une première approche aux techniques orfèvres utilisées dans la production d'objets mycéniens.

2. MÉTHODES

Les objets sélectionnés pour ce travail ont été examinés sous loupe binoculaire ainsi que, au C2RMF, par radiographie X et par microscopie électronique à balayage (MEB) avec un Philips XL30 ESEM en mode SE à 20 kV. Leur analyse élémentaire a été effectuée à Volos avec un dispositif d'analyse par spectroscopie de fluorescence des rayons X basé sur un tube à rayons X Moxtek à anode fine d'argent et fonctionnant à 35 kV et 95 μ A. Le détecteur est une diode SDD AXAS-V de Ketek, refroidie par effet Peltier. Sa résolution en énergie est de 140eV à 5.9 keV dans les conditions usuelles de fonctionnement. La quantification des données est obtenue avec le logiciel PyMCA (Sole *et al.*, 2007) par la méthode des paramètres fondamentaux, après modélisation précise de la source de rayons X. Les résultats quantitatifs ont été validés dans différents cas (Gianoncelli *et al.*, 2006; Viguerie *et al.*, 2009) et pour les ors, une série de standards ont permis de vérifier la justesse des résultats (Tableau 1).

Au C2RMF l'analyse élémentaire est réalisée à l'accélérateur AGLAE au moyen des techniques PIXE et PIXE-XRF (particle induced X-ray emission et FX induite par PIXE) avec un faisceau de protons de 3 MeV extrait à l'air. La technique PIXE utilise deux détecteurs de Si(Li), un dédié à la détection des éléments majeurs et l'autre, avec un filtre sélectif de 75 μ m de Cu, dédié à la mesure des éléments mineurs et traces (Guerra et Calligaro, 2004). La technique

		Au %	Ag %	Cu %
Lyon Allemand 6917	mesuré certifié	74,2	18,3	7,5
		76,0	17,0	7,0
Lyon Allemand A	mesuré certifié	90,1	5,3	4,6
		92,0	4,0	4,0
Lyon Allemand 893	mesuré certifié	72,6	7,4	20,0
		75,2	5,7	19,1
Authentico E-2	mesuré certifié	56,7	42,8	0,5
		56,0	43,5	0,5
Authentico A-1	mesuré certifié	91,0	7,7	1,3
		92,6	6,4	1,0
Authentico A-2	mesuré certifié	73,8	23,4	2,8
		74,6	22,6	2,8
Authentico E-1	mesuré certifié	53,1	46,8	0,1
		50,8	49,2	0,0

Tableau 1 : Valeurs certifiées et mesurées par fluorescence à rayons X d'un groupe de standards.

Table 1: Theoretical values and compositional results for a group of standards analysed by XRF

PIXE-XRF utilise pour la mesure du Pt dans les alliages en or, une cible primaire de As et un filtre de 25 μ m de Zn (Guerra *et al.*, 2005; Guerra, 2004).

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Nous avons étudié 22 fragments de bandes d'or décorées en ondulé et d'épaisseur et tailles différentes, 14 disques, 13 perles de collier à doubles spirales et à papyrus, et 2 colliers à rosettes et fleurs de lis (types de perles selon Higgins, 1980). La composition élémentaire des objets se trouve sur le Tableau 2.

Les feuilles et les disques

Les feuilles et les disques sont fabriqués par martelage, des orifices de 130-140 μ m de diamètre permettent leur application sur des vêtements (Higgins, 1980). Leur morphologie, l'absence de traces d'usure et leur fine épaisseur indiquent qu'il s'agit d'une production à but funéraire. Certaines feuilles, très fines et froissées, ne révèlent leur décoration ondulée qu'à la radiographie X. Leur composition est homogène (Tableau 2), seules deux feuilles possèdent des teneurs en Cu supérieures à 2 %, et correspond à l'électrum naturel (selon la définition de Plinie, Zehnacker, 1983). D'autres objets possèdent des teneurs identiques, comme une épingle à cheveux du III^e millénaire, de typologie proche de l'épingle de Troie (Swann *et al.*, 1997).

	Au %	Ag %	Cu %	Pd ppm	Sn ppm	Sb ppm
Feuilles (PIXE)						
1	76,1	21,7	1,4	100	750	50
2	75,4	22,8	1,4	120	650	50
3	87,1	12,0	0,6	70	100	25
4	79,2	19,0	1,5	90	40	<30
5	76,2	21,7	1,5	100	700	40
6	71,5	25,0	2,9	130	500	50
7	76,0	22,7	0,9	140	700	50
8	74,8	22,9	1,4	100	770	50
9	76,5	21,5	1,5	100	600	60
10	75,4	22,8	1,4	100	650	100
11	70,7	25,3	2,7	130-320	600	30-800
12	73,7	24,2	1,3	<30	700	50
13	76,4	21,5	1,5	100	850	50
14	75,4	22,8	1,4	100	700	75
en vague	75,7	21,2	2,0	120	600	50
Feuilles (XRF)						
15	78,0	20,6	1,5			
16	78,0	20,5	1,5			
17	78,3	20,2	1,5			
18	81,0	17,2	1,8			
19	78,2	20,1	1,7			
20	79,2	19,2	1,6			
21	77,7	20,6	1,7			
moyenne (sans n°3)	76,4	21,6	1,6			
écart-type	2,5	2,0	0,5			
Disques (PIXE)						
1	71,7	23,1	4,8	70	150	<30
2	63,6	31,4	4,3	200	70-350	<30
Disques (XRF)						
3	83,9	14,7	1,4			
4	76,5	19,7	3,8			
5	84,8	14,0	1,3			
6	70,8	25,1	4,2			
7	82,2	16,4	1,4			
8	75,0	19,4	5,6			
9	83,4	15,2	1,4			
10	83,0	15,3	1,6			
11	76,4	20,8	2,8			
12	85,3	11,7	3,0			
13	68,0	29,9	2,1			
14	68,2	30,9	0,9			
Collier BE36161 (XRF)						
lis 1	73,4	25,7	0,9			
2	74,4	24,8	0,8			
3	73,7	25,4	1,0			
4	74,0	25,5	0,5			
5	74,7	24,8	0,6			
rosette 1	73,0	25,9	1,1			
2	71,4	28,2	0,4			
3	73,8	25,2	1,0			
4	75,0	24,4	0,6			
5	75,2	24,2	0,6			
moyenne	73,9	25,4	0,8			
écart-type	1,1	1,1	0,2			
Collier BE36137 (XRF)						
1	80,0	18,3	1,7			
2	80,3	18,4	1,3			
3	83,2	15,8	1,0			
4	81,9	17,3	0,9			
5	81,1	17,6	1,3			
moyenne	81,3	17,5	1,2			
écart-type	1,3	1,0	0,3			
Perles BE 30000 (XRF)						
1	82,2	15,4	2,3			
2	74,2	16,9	8,9			
3	76,1	21,3	2,6			
4	78,1	17,1	4,8			
5	80,2	15,9	3,9			
Perles BE36111						
1	87,6	9,2	3,2			
2	86,5	10,9	2,6			
3	86,1	11,8	2,1			
4	86,9	10,0	3,1			
5	84,0	13,6	2,4			
6	87,4	10,5	2,2			
7	88,8	9,6	1,7			
8	88,6	9,3	2,1			
moyenne	87,0	10,6	2,4			
écart-type	1,5	1,5	0,5			

Tableau 2 : Résultats obtenus par PIXE et FX portable pour tous les objets de Kazanaki analysés et pour des objets mycéniens analysés par d'autres auteurs.

Table 2: Compositional results for all the analysed objects from Kazanaki by XRF and PIXE and for a few Mycenaean objects analysed by other authors.

Autres auteurs		Au %	Ag %	Cu %
Schliemann 1878	Tombe 4	89,36	8,55	0,57
	Tombe 4	73,11	23,37	2,22
Hackens 1993	coupe moyenne	82,45	17,47	0,08
	écart-type	0,78	0,76	0,04
Hartmann 1970	bande	87,85	12,17	
	diadème	75,1	24,9	
	feuille	90,3	9,25	0,5
Vavelidis and Andreou 2008	perle	77,5	22	0,55
	fil	99,8	0,15	<0,10
	globule	78,8	20,35	3,5

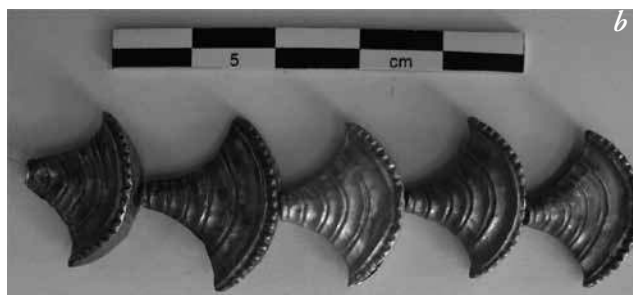


Figure 1 : (Voir planche couleur) Les perles : (a) en rosette et lis du collier BE36161; (b) à papyrus BE30000; (c) à double spirale BE36111.

Figure 1: (See colour plate) The beads: (a) rosette and lily from necklace BE36161; (b) papyrus BE30000; (c) double volute BE36111.

Les disques se séparent en trois groupes chimiques (Fig. 2), dont un s'approche de celui des feuilles. La couleur des feuilles se situe dans le vert-jaune du diagramme ternaire de couleur (Rapson, 1990), alors que la couleur des disques se situe dans la région jaune.

Les colliers BE36137 et BE36161 et les perles BE36111

Le collier BE36137 est constitué de perles creuses en forme de rosette à six pétales. Ces mêmes perles intercalées de perles en forme de fleur de lis constituent le collier BE36161. Les perles BE36111 sont à double spirale.

Toutes les perles sont fabriquées de façon identique : une feuille lisse à l'arrière (parfois pliée sur la feuille avant) et une feuille avant (Fig. 3a), dont le motif est obtenu par pression sur une matrice (Treister et Hargrave, 2001). Les perles sont percées de chaque côté (vers l'intérieur) d'un orifice pour BE36137 (environ 230 µm de diamètre), de deux orifices pour BE36161 (environ 200 µm de diamètre, Fig. 3b) et de trois orifices pour BE36111 (200-300 µm de diamètre). Malgré l'absence de soudures visibles sous binoculaire, il est possible que cette technique ait été utilisée (Schorsch, 1992). L'absence de traces d'usure indique que ces objets sont une production à but funéraire.

La composition de chaque collier est très homogène (Tableau 1). BE36161 est réalisé avec un alliage très proche

de celui des feuilles alors que BE36137 a une composition très proche de celle des disques de meilleure qualité. Malgré des teneurs en cuivre qui varient de 1,7 à 3,2 %, la teneur en argent de BE36111 est homogène mais inférieure aux teneurs mesurées pour les autres objets de Kazanaki. Les teneurs en argent et en cuivre des alliages se situent dans les valeurs espérées pour l'or natif et leurs couleurs se partagent entre les régions vert-jaune et jaune du diagramme ternaire de couleur (Rapson, 1990).

Les perles BE30000

Cinq perles creuses à papyrus BE30000 (motif utilisé à l'époque minoenne en orfèvrerie et céramique, Evans, 1921), présentant des signes d'usure, sont de couleur, d'épaisseur de feuille et de facture distinctes des autres perles étudiées dans ce travail. Deux feuilles estampées sont soudées pour former la perle, qui est percée en haut et en bas, vers l'intérieur, d'orifices de 300 µm de diamètre. Les alliages possèdent des teneurs en argent de 15 à 21 % et en cuivre de 2 à 9 %. Leur couleur va du jaune rougeâtre au jaune verdâtre du diagramme ternaire de couleur (Rapson, 1990).

Les alliages et l'origine de l'or

La concentration d'or est inférieure à 89 % pour tous les objets analysés, ceci concordant avec la composition des feuilles de la tombe 4 de Mycènes (Schliemann, 1878), d'une coupe mycénienne dite de Syrie (Hackens, 1983), de deux objets mycéniens publiés par Hartmann en 1970, de feuilles et globules de creuset trouvés dans une tombe mycénienne en Thessalie et des objets de Kastanas (Vavelidis et Andreou, 2007) (voir Tableau 2).

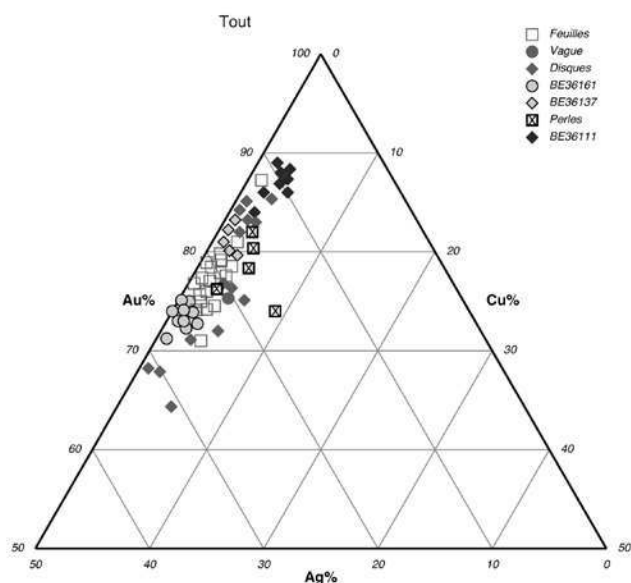


Figure 2 : Diagramme ternaire représentant les éléments Au-Ag-Cu (en %) pour les objets de la tombe de Kazanaki analysés par PIXE et par FX portable.

Figure 2: Ternary diagram for the base-alloys of the objects from Kazanaki, Au-Ag-Cu (in %), analysed by PIXE and by portable XRF.

Les deux colliers et les perles à double spirale possèdent une composition élémentaire très homogène pour chaque ensemble, ce qui permet de suggérer une fabrication unique par ensemble. Si l'on en exclue deux, les feuilles d'or possèdent aussi une composition homogène, contrairement aux disques (l'analyse d'un plus grand nombre pourrait révéler trois groupes distincts) et aux cinq perles à papyrus.

Tous les alliages contiennent des teneurs en argent typiques des ors alluvionnaires (Raub, 1995), néanmoins les teneurs en cuivre de certains de ces objets ne peuvent être obtenues que par ajout volontaire (Guerra et Rehren, 2009; Hauptmann et Klein, 2009). La teneur en cuivre de certains disques et de trois perles à papyrus peut atteindre, respectivement, 6 et 9 %. Rappelons que la cémentation est un procédé métallurgique qui n'apparaît qu'au I^{er} millénaire av. J.-C. (Ramage et Craddock, 2000); la couleur et les propriétés des alliages à l'époque mycénienne dépendent alors de la teneur en argent des ors disponibles et ne peuvent être modifiées que par ajout de cuivre. Les concentrations en cuivre mesurées pour nos objets varient entre 0,5 et 9 %. Les concentrations mesurées par Vavelidis et Andreou (2007) pour des pépites provenant de gisements alluvionnaires en Grèce, pour Kastanas et pour les feuilles d'or ne dépassent pas 0,5 % (alors que l'argent varie de 1 à 22 %); des valeurs identiques ont été mesurées pour les objets mycéniens publiés par Schliemann (1878), Hartmann (1970);

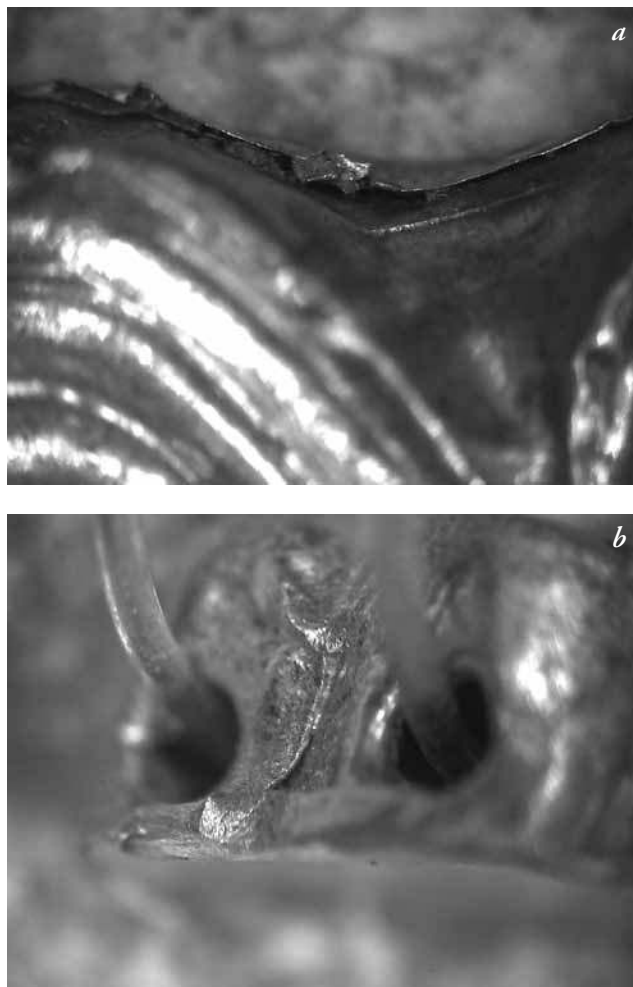


Figure 3 : Détails sous loupe binoculaire du montage des perles à : (a) double spirale BE36111; (b) rosette et lis du collier BE36161. Figure 3: Details under the stereomicroscope of the mounting of: (a) double volutes beads BE36111; (b) rosette and lily beads from necklaces BE36161.

Hackens, 1983. Néanmoins, le globule de creuset publié par Vavelidis et Andreou, 2007 possède 3,5 % de cuivre. L'addition de cuivre à des ors alluvionnaires est une pratique qui semble avoir été employée aussi à la même époque en Égypte et en Géorgie (respectivement Troalen *et al.*, 2009; Hauptmann et Klein, 2009) et en Anatolie dès le milieu du III^e millénaire (Swann *et al.*, 1997).

En ce qui concerne la question de l'origine de l'or, l'analyse de 17 feuilles et disques par PIXE montre des teneurs en Sn qui peuvent atteindre 850 ppm (Tableau 2). Un groupe chimique avec de fortes teneurs en Pd et Sn est accompagné d'une droite (Fig. 4) où s'alignent les autres objets, notamment les trois disques analysés. La présence de Sn et/ou Pt dans les ors est en général liée à l'exploitation de gisements

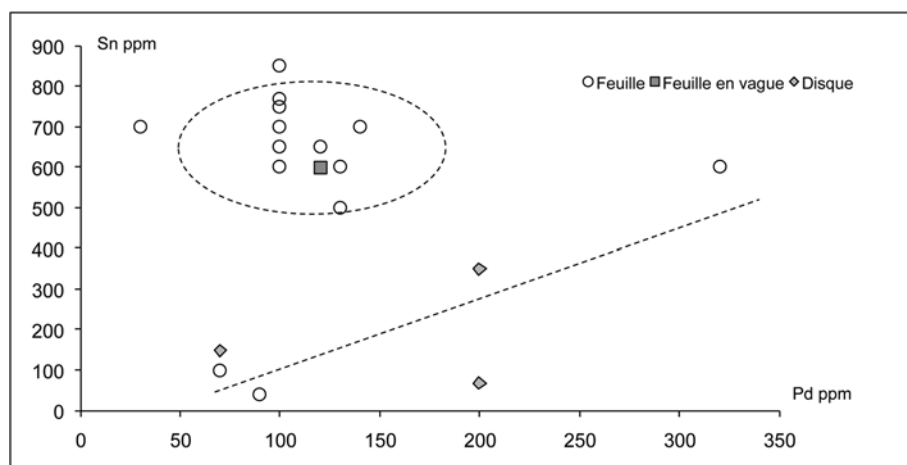


Figure 4 : Représentation des teneurs en Pd et en Sn (en ppm) mesurées par PIXE.

Figure 4: Pd and Sn contents (in ppm) measured by PIXE.

alluvionnaires (Dube, 2006). Néanmoins, aucune inclusion de platinoïdes (Meeks et Tite, 1980) n'a pu être décelée sur la surface des objets. Malgré la taille et l'épaisseur des feuilles d'or, nous avons estimé par PIXE-XRF les concentrations de Pt pour six d'entre elles. Les résultats montrent qu'une partie des objets possède des teneurs inférieures à la limite de détection (80 ppm) alors que les autres possèdent des concentrations estimées à 200-500 ppm. Seul un plus grand nombre d'analyses permettrait de vérifier l'existence de deux groupes.

La présence de Sn et de Pt dans les alliages conforte l'hypothèse de l'utilisation d'ors alluvionnaires à Volos pendant la période mycénienne. Néanmoins, le manque de données sur les caractéristiques géochimiques des sources d'or à l'Âge du Bronze en Méditerranée, en Égypte et dans le Levant – nous rappelons les circuits commerciaux à cette époque, notamment le lapis-lazuli qui devrait provenir d'Afghanistan (Hughes-Brock, 1999) – nous empêche de proposer à présent une provenance pour ces ors. Il faudra néanmoins remarquer que les ors analysés par Hauptmann et Klein (2009) de mines en Géorgie exploitées à l'Âge du Bronze présentent de faibles teneurs en Sn et Pt.

4. CONCLUSION

L'étude analytique de feuilles, disques et perles de colliers de la tombe à tholos de Kazanaki nous a permis de réaliser une première approche aux pratiques orfèvres et à l'origine de l'or en Thessalie à l'époque mycénienne. Si l'on excepte les perles à papyrus, tous les objets ont vraisemblablement été produits dans un but funéraire, à partir de fines feuilles d'or, parfois décorées par estampage. Les perles sont creuses, obtenues par assemblage de deux coques et ensuite percées.

Les disques et les feuilles sont percés pour application sur des vêtements.

Les teneurs en argent varient entre 9 et 31 % et en cuivre entre 0,5 et 9 %. Si les teneurs en argent sont typiques des ors natifs, les teneurs en cuivre dépassant 2 % correspondent à des alliages volontaires. Nous pouvons suggérer la recherche d'effets polychromes par simple ajout de cuivre à des ors natifs, dont la quantité d'argent est variable, ce qui laisse un large choix à l'orfèvre. Les ensembles sont homogènes, sauf les perles à papyrus et les disques. L'analyse de la totalité des disques pourrait montrer trois groupes homogènes correspondant à trois séries de fabrication distincte. L'homogénéité des alliages pourrait, après analyse de tous les objets de la tombe, séparer les productions par enterrement.

L'analyse PIXE et PIXE-XRF de feuilles et disques révèle la présence de Sn et Pt, éléments caractéristiques des ors alluvionnaires. Les ors mycéniens de Volos peuvent ainsi avoir été exploités grâce à l'utilisation de peaux de bœufs, ou toisons d'or. Si l'origine alluvionnaire de ces ors est clairement prouvée, leur provenance reste non identifiée par manque de données géochimiques. Seule l'analyse d'objets provenant d'autres sites mycéniens et de sites en Géorgie chronologiquement proches, permettrait de montrer le rapport entre la Thessalie et la Colchide prouvant que les ors de Kazanaki sont ceux de la mythique Toison d'or.

Bibliographie

- ADRIMI-SISMANI, V., 2004-2005. Le palais de Iolkos et sa destruction, *BCH* 128-129, 1. Études, 1-54.
- ADRIMI-SISMANI, V., 2007. Iolkos: Myth, Archaeology and History, in Gordeziani R. et al. (eds), *The Argonautica and World Culture* (Phasis, Greek and Roman Studies 10,1), Tbilisi: 20-32.

- ADRYMI-SISMANI, V., 2008. The Mycaenean tholos tomb at Kazanaki, *Annual Report of the British School at Athens* : 59-61, pl. 103-105.
- ADRYMI-SISMANI, V. et GODART, L., 2005. Les inscriptions en Linéaire B de Dimini/Iolkos et leur contexte archéologique, *Annuario della Scuola Archeologica di Atene* LXXXIII, Serie III, 5- Tomo I: 47-69.
- DUBE, R.K., 2006. Interrelation between gold and tin: a historical perspective, *Gold Bulletin* 39(3) : 103-113
- EVANS, A. 1921. *The Palace of Minos at Knossos*, vol. 1 : The Neolithic and Early and Middle Minoan ages, London, MacMillan and Co. Limited.
- GIANONCELLI, A., CASTAING, J., BOUQUILLON, A., POLVORINOS, A., et WALTER, P., 2006. Quantitative elemental analysis of Della Robbia glazes with a portable XRF spectrometer and its comparison to PIXE methods, *X-ray spectrometry* 35(6) : 365-369.
- GUERRA, M. F., CALLIGARO, T., DRAN, J.-C., MOULHERAT, C. et SALOMON, J., 2005. Development of a PIXE, PIGE and PIXE-XRF combination for the analysis of the gold from the First Empire of the Steppes, *Geoarcheological and Bioarchaeological Studies* 3 : 343-346.
- GUERRA, M.F. 2004. Fingerprinting ancient gold with proton beams of different energy, *Nucl. Instrum. and Methods B* 226 : 185-198.
- GUERRA, M. F. et CALLIGARO, T., 2004. Gold traces to trace gold, *Journal of Archaeological Sciences* 31, 1199-1208.
- GUERRA, M. F. et REHREN, Th., 2009. In-situ examination and analysis of the gold jewellery from the Phoenician tomb of Kition (Cyprus), *ArchéoSciences* 33.
- HACKENS, T., 1983. *Gold Jewellery: craft, style & meaning from Mycenae to Constantinopolis*, Louvain-la Neuve, Belgium Art and Archaeology Publications.
- HARTMANN, A., 1970. *Prähistorische Goldfunde aus Europa*, Band 2: Spektralanalytische Untersuchungen und deren Auswertung, Berlin, Gebr. Mann Verlag.
- HAUPTMANN, A. et KLEIN, S., 2009. Bronze Age gold in southern Georgia, *ArchéoSciences* 33.
- HIGGINS, R.A., 1980. *Greek and Roman jewellery*, 2nd edition, University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- HUGHES-BROCK, H., 1999. Mycenaean beads: Gender and social contexts, *Oxford journal of archaeology* 18(3) : 277-296.
- MEEKS, N.D. et TITE, M.S., 1980. The analysis of Platinum-group Element inclusions in Gold Antiquities. *Journal of Archaeological Science* 7: 267-275.
- PAPANASTASIOU, A., 2006. *To osteologiko yliko apo to tholoto tapho sthesi Kasanaki, Proceedings of the 2nd Conference "Archeologiko Ergo Thessalias kai Stereas Ellados"*, Volos-University of Thessaly, 151-161.
- RAMAGE, A. et CRADDOCK, P.T., 2000. *King Croesus' gold: Excavations at Sardis and the History of Gold Refining*. London, British Museum Press.
- RAUB, Ch. J., 1995. The metallurgy of gold and silver in prehistoric times, in *Prehistoric Gold in Europe*, G. Morteani & J. P. Northover eds, 243-259.
- RAPSON, W. S., 1990. The metallurgy of the coloured carat gold alloys. *Gold Bull.* 23(4) : 125-133.
- SCHLIEMANN H., 1878. *Mykenae und Tiryns*, Leipzig, F. A. Brockhaus.
- SCHORSCH, D., 1995. The gold and silver necklaces of Wah: a technical Study of an unusual metallurgical joining method, in *Conservation in ancient Egyptian collections*, Brown C., Macalister F., Wright M. (editors), Archetype Publications, London: 127-135.
- SOLÉ, V. A., PAPILLON, E., COTTE, M., WALTER et P., SUSINI, J., 2007. A multiplatform code for the analysis of energy-dispersive X-ray fluorescence spectra, *Spectrochimica Acta Part B-Atomic Spectroscopy* 62(1) : 63-68.
- SWANN, C.P., BETANCOURT, P.P., FLEMING, S. et FLOYD, C.R., 1997. PIXE analysis of Trojan gold jewelry, *Nucl. Instrum. and Methods B* 130 : 320-323.
- TROALEN, L., GUERRA, M.F., TATE, J., MANLEY, W.P., 2009. Technological study of gold jewellery pieces dated from Middle Kingdom to New Kingdom in Egypt. *ArchéoSciences* 33.
- VAELIDIS, M. et ANDREOU, S., 2008. Gold and gold working in Late Bronze Age Northern Greece, *Naturwissenschaften* 95 : 361-366.
- TREISTER, M Y. et HARGRAVE J., 2001. *Hammering Techniques in Greek and Roman Jewellery and Toreutics*, Colloquia Pontica 8, Brill Academic Publishers, Leiden.
- VIGUERIE, L. de, DURAN, A., BOUQUILLON, A., SOLÉ, V. A., CASTAING, J. et WALTER, P., 2009. Quantitative X-ray fluorescence analysis of an Egyptian faience pendant and comparison with PIXE, *Anal Bioanal Chem*, DOI 10.1007/s00216-009-2974-7.
- ZEHNACKER, H., 1983 (traduction). Plinie l'Ancien, *Histoire Naturelle*, livre XXXIII, Paris, Belles Lettres.

